



УДК:612.13:616 – 071.2:796.32

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРОЕНИЯ ТЕЛА У ВОЛЕЙБОЛИСТОВ

Е.В. ЛЕЖНЕВА¹
Л.А. САРАФИНИК¹
Е.Н. КРИКУН²

¹⁾ Винницкий национальный
медицинский университет
им. Н.И. Пирогова,
г. Винница, Украина

²⁾ Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет

e-mail: krikun@bsu.edu.ru

В статье представлены результаты научных исследований построения регрессионных моделей реографических параметров центральной гемодинамики на основании особенностей антропометрических и соматотипологических показателей у волейболистов. Антропометрическое исследование выполнено по методике Бунака, соматотипологическое по Heath-Carter, определение компонентного состава массы тела по Матейко, реографическое при помощи компьютерного диагностического комплекса по Ронкину-Иванову, построение математических моделей с использованием прямого пошагового регрессионного анализа.

Ключевые слова: реография, параметры центральной гемодинамики, соматотип, антропометрия, пошаговая регрессия, волейболисты.

Введение. Для установления формы связей между переменными в медицинской статистике используют регрессионный анализ, позволяющий оценить, как одна переменная зависит от другой и какой разброс значений определяет эту зависимость. За последние годы появилось большое количество публикаций, в которых исследована зависимость реографических показателей от возраста, пола и антропометрических особенностей [2, 3, 7]. Морфофункциональные особенности сердечно-сосудистой системы определяют уровень возможных спортивных достижений в любом виде спорта, поэтому изучение данных параметров актуально и не теряет практической значимости и в наше время. Однако существует недостаточное количество сведений, которые могли бы стать базой нормативных показателей для спортсменов в отдельных видах спорта. Поэтому моделирование надлежащих показателей центральной гемодинамики у волейболистов в зависимости от особенностей строения тела является чрезвычайно актуальным и может широко использоваться в диагностических целях. Сведений об исследованиях, в которых изучаются показатели центральной гемодинамики у спортсменов данного вида спорта в комплексной зависимости от антропо-соматотипологических параметров, как в Украине, так и за ее пределами нами не найдено.

Целью работы явилось изучение регрессионных моделей реографических параметров центральной гемодинамики у волейболистов юношеского возраста в зависимости от особенностей их антропометрических и соматотипологических показателей.

Методы исследования. В работе проведены антропометрические исследования по методике Бунака [4], соматотипологические – по расчетной модификации метода Heath-Carter [1], определение компонентного состава массы тела – по Матейко [5] и реографическое исследование с использованием компьютерного диагностического комплекса по методике Ронкина-Иванова [6]. Всего обследовано 73 юношей, не занимающихся спортом, и 35 юношей среди волейболистов высокого уровня спортивного мастерства в возрасте от 17 до 21 года. Построение математических моделей нормативных реографических параметров центральной гемодинамики в зависимости от особенностей строения тела проводилась в пакете «STATISTICA 5.5» с помощью прямого пошагового регрессионного анализа.

Результаты. В результате проведенного регрессионного анализа выяснилось, что у волейболистов юношеского возраста десять из двенадцати изучаемых нами реографических параметров центральной гемодинамики зависят от их антропометрических и соматотипологических характеристик организма больше, чем на 50%, поэтому для них были построены математические модели. Нами установлено достоверное влияние антропо-соматотипологических составляющих на вариабельность показателей диастолического артериального давления (АД) и минутного объема крови, но точность описания данных показателей находится в пределах 36-42%, поэтому создание для них математических моделей нецелесообразно. Было установлено, что все коэффициенты модели систолического АД у волейболистов имеют достаточно высокую достоверность. Коэффициент детерминации R^2 , как мера качества подгонки, на 64% определяет данную допустимо зависимую переменную. На основе того, что $F = 6,05$, почти соответствует расчетному значению (F критическое равно 6,20), мы можем утверждать, что регрессионный линейный полином высокосignификантен ($p < 0,001$), что подтверждается также результатами дисперсионного анализа. Модель имеет вид следующего линейного уравнения:



AD_C (волейболисты) = $143,6 - 1,523 \cdot ATPL + 21,86 \cdot EPPR - 6,208 \cdot OB_G2 + 7,176 \cdot GGP + 7,533 \cdot EPB + 1,486 \cdot ATL$, где AD_C – артериальное систолическое давление (мм рт. ст.); $ATPL$ – высота акромиальной точки (см); $EPPR$ – ширина дистального эпифиза предплечья (см); $OBG2$ – обхват голени в нижней части (см); GGP – толщина кожно-жировой складки на груди (мм); EPB – ширина дистального эпифиза бедра (см); ATL – высота лобковой точки (см).

Коэффициенты модели *среднего артериального давления* у волейболистов юношеского возраста имеют высокую достоверность, за исключением свободного члена и сагиттальной дуги головы. Коэффициент детерминации R^2 на 78,3% обуславливает допустимо зависимую переменную. Вследствие того, что $F = 9,79$, и это больше расчетного значения (F критическое равно 7,19), можно утверждать, что регрессионный линейный полином высокозначимый ($p < 0,001$), о чем свидетельствуют и результаты дисперсионного анализа. Модель имеет вид следующего линейного уравнения:

AD_S (волейболисты) = $50,18 + 3,21 \cdot MX + 4,328 \cdot SHLICA - 5,064 \cdot OBG2 + 2,723 \cdot TROCH - 0,789 \cdot ATP + 0,465 \cdot MA + 1,551 \cdot SAGDUG$,

где AD_S – среднее артериальное давление (мм рт. ст.); MX – мезоморфный компонент соматотипа (балл); $SHLICA$ – ширина лица (см); $TROCH$ – межвертельное расстояние (см); ATP – высота пальцевой точки (см); MA – мышечный компонент массы тела (кг); $SAGDUG$ – сагиттальная дуга головы (см).

Подавляющее большинство коэффициентов модели *ударного объема* у волейболистов имеют высокую достоверность, за исключением обхвата грудной клетки на выдохе. Коэффициент детерминации R^2 на 74, % обуславливает допустимо зависимую переменную. На основе того, что $F = 9,91$ значительно больше его расчетного значения (F критическое равно 6,2), считаем регрессионный линейный полином высокозначимым ($p < 0,001$). Модель имеет вид следующего линейного уравнения:

YO (волейболисты) = $295,2 - 7,839 \cdot SAGDUG - 6,094 \cdot MX + 3,992 \cdot OBT - 6,697 \cdot PSG - 10,17 \cdot OBPR2 + 1,385 \cdot OBGK2$,

где YO – ударный объем крови (мл); OBT – обхват талии (см); PSG – поперечный срединно-грудной диаметр грудной клетки (см); $OBPR2$ – обхват предплечья в нижней части (см); $OBGK2$ – обхват грудной клетки на выдохе (см).

Большинство коэффициентов модели *ударного индекса* у волейболистов имеют достаточно высокую достоверность, за исключением сагиттальной дуги головы и обхвата плеча в напряженном состоянии. Коэффициент детерминации R^2 на 74,4 % обуславливает допустимо зависимую переменную. Поскольку $F = 9,69$, что значительно больше расчетного значения (F критическое равно 6,2), можно утверждать о высокой значимости ($p < 0,001$) регрессионного линейного полинома, что подтверждается дисперсионным анализом. Модель имеет вид:

UI (волейболисты) = $162,0 - 3,676 \cdot OBPL1 + 2,108 \cdot OBT - 3,368 \cdot PSG - 3,168 \cdot OBG2 - 1,965 \cdot SAGDUG + 1,93 \cdot OBPL$,

где UI – ударный индекс (мл/м²); $OBPL1$ – обхват плеча в расслабленном состоянии (см); $OBPL$ – обхват плеча в напряженном состоянии (см).

Коэффициенты модели *сердечного индекса* имеют достаточно высокую достоверность, за исключением показателя обхвата стопы. Коэффициент детерминации R^2 на 78,8% определяет допустимо данную зависимую переменную. Так как $F = 8,35$, больше расчетного значения (F критическое равно 8,18), мы можем утверждать, что регрессионный линейный полином является высокозначимым ($p < 0,001$). Модель имеет вид следующего линейного уравнения:

CI (волейболисты) = $13,47 - 0,154 \cdot OM - 0,353 \cdot SAGDUG - 0,114 \cdot ATV + 0,087 \cdot ATND + 0,139 \cdot OBS - 0,485 \cdot OBPR2 + 0,088 \cdot OBGK3 - 0,108 \cdot PSG$,

где CI – сердечный индекс (л/мин/м²); OM – костная масса (кг); ATV – высота вертельной точки (см); $ATND$ – высота верхнегрудной точки (см); OBS – обхват стопы (см); $OBGK3$ – обхват грудной клетки в спокойном состоянии (см).

Практически все коэффициенты модели *удельного периферического сопротивления* у юношей, занимающихся волейболом, имеют достаточно высокую достоверность, за исключением показателя обхвата бедра. Коэффициент детерминации R^2 на 73,5% обуславливает допустимо зависимую переменную. Поскольку $F = 11,6$, что значительно больше расчетного значения (F критическое равно 5,21), мы можем утверждать, что регрессионный линейный полином высокозначим ($p < 0,001$). Модель имеет вид следующего линейного уравнения:

UPS (волейболисты) = $-30,14 + 4,469 \cdot PSG - 1,882 \cdot OBT + 2,354 \cdot GL + 4,167 \cdot OBPR1 - 0,964 \cdot OBB$,

где UPS – удельное периферическое сопротивление (Дин/с/см⁵); GL – толщина кожно-жировой складки под нижним углом лопатки (мм); $OBPR1$ – обхват предплечья в верхней части (см); OBB – обхват бедра (см).

Установлено, что более половины коэффициентов модели *общего периферического сопротивления* в группе спортсменов-волейболистов имеют достаточно высокую достоверность, за исключением свободного члена, толщины кожно-жировой складки на предплечье и обхвата



шей. Коэффициент детерминации R^2 на 75,3% аппроксимирует данную переменную. На основе того, что $F = 8,26$, больше расчетного значения (F критическое равно 7,19), регрессионный линейный полином является высокозначимым ($p < 0,001$), что подтверждается результатами дисперсионного анализа. Модель имеет вид:

$$\text{OPS (волейболисты)} = -600,7 + 355,9 \cdot \text{MX} - 158,5 \cdot \text{OBG1} + 53,93 \cdot \text{ATV} + 164,4 \cdot \text{GPPL} - 22,37 \cdot \text{LEWK} - 124,3 \cdot \text{GPR} + 47,80 \cdot \text{OBSH},$$

где OPS – ОПСС (Дин/с/см⁵) OBG1 – обхват голени в верхней части (см); GPPL – толщина кожно-жировой складки на передней поверхности плеча (мм); LEWK – динамометрия левой кисти (кг); GPR – толщина кожно-жировой складки на предплечье (мм); OBSH – обхват шеи (см).

Все коэффициенты модели *объемной скорости движения крови*, за исключением свободного члена, имеют высокую достоверность. Коэффициент детерминации R^2 на 75,5% определяет вариабельность данной переменной. На основе того, что $F = 10,29$, больше расчетного значения (F критическое равно 6,2), мы можем утверждать, что регрессионный линейный полином является высокозначимым ($p < 0,001$). Это подтверждается результатами дисперсионного анализа. Модель имеет вид следующего линейного уравнения:

$$\text{OSD (волейболисты)} = 234,4 - 30,88 \cdot \text{OBG2} + 16,83 \cdot \text{OBT} - 24,78 \cdot \text{PSG} + 25,42 \cdot \text{TROCH} - 7,598 \cdot \text{ATP} - 6,977 \cdot \text{GB},$$

где OSD – объемная скорость движения крови (мл / с); GB – толщина кожно-жировой складки на боку (мм).

Установлено, что коэффициенты модели *мощности левого желудочка* имеют высокую достоверность, за исключением свободного члена. Коэффициент детерминации R^2 на 79,3% аппроксимирует допустимо зависимую переменную. Поскольку $F = 10,39$, больше расчетного значения (F критическое равно 7,19), мы можем утверждать, что регрессионный линейный полином является высокозначимым ($p < 0,001$), что подтверждается результатами дисперсионного анализа. Модель имеет вид:

$$\text{MLG (волейболисты)} = 1,184 + 0,582 \text{ SHLICA} - 0,510 \text{ OBG2} + 0,091 \text{ OBT} + 0,429 \text{ OBSH} - 0,204 \text{ OBSH} + 0,179 \text{ SPIN} - 0,066 \text{ ATV},$$

где MLG – мощность левого желудочка (Вт); SPIN – межкостное расстояние (см).

Практически все коэффициенты модели *расхода энергии* у волейболистов имеют высокую достоверность, за исключением показателя длины головы. Коэффициент детерминации R^2 на 67,77% определяет данную зависимую переменную. На основе того, что $F = 7,01$ больше расчетного значения (F критическое равно 6,2), считаем регрессионный линейный полином высокозначимым ($p < 0,001$), о чем свидетельствуют результаты дисперсионного анализа. Модель имеет вид следующего линейного уравнения:

$$\text{RE (волейболисты)} = 0,277 + 0,007 \cdot \text{MX} + 0,005 \cdot \text{SHNCH} - 0,007 \cdot \text{OBG2} - 0,003 \cdot \text{CRIS} + 0,001 \cdot \text{MA} + 0,003 \cdot \text{BDLGL},$$

где RE – показатель расхода энергии (Вт / л); SHNCH – ширина нижней челюсти (см); CRIS – межгребневое расстояние (см); BDLGL – длина головы (см).

Обсуждение. Анализ результатов исследования показал, что в наибольшей степени величины параметров центральной гемодинамики у волейболистов детерминируют с охватными размерами тела. Они составляют 37,5% относительно других предикторов и встречаются в десяти из двенадцати изучаемых моделей, построенных для определения индивидуальных гемодинамических показателей. Среди охватных размеров тела обследуемых наибольшую частоту встречаемости демонстрирует показатель обхвата голени (10,9%), который определяет вариабельность параметров центральной гемодинамики у 70% построенных моделей. Показатели высоты антропометрических точек и краниометрических размеров составляют по 12,5% от всех антропо-соматотипологических параметров, встречающихся в моделях. Данные показатели представлены в 60% моделей надлежащих параметров центральной гемодинамики. В половине (50%) построенных моделей встречается показатель поперечного срединногрудного диаметра, доля которого составляет 7,8% от всех конституциональных характеристик, которые аппроксимируют величину реографических показателей.

Выводы:

1. Построено 10 моделей для юношей-волейболистов с целью определения параметров их центральной гемодинамики.
2. Точность описания моделирующего признака в данных моделях составляет интервал от 64% до 79,3%.
3. В моделях реографических параметров центральной гемодинамики с наибольшей частотой встречаются такие показатели, как охватные размеры тела (100%), в частности, обхват голени (70%); высота антропометрических точек (60%); краниометрические размеры (60%) и поперечный срединногрудной диаметр (50%).



Полученные результаты дают возможность дальнейшего прогнозирования состояния здоровья и физической активности юношей, занимающихся волейболом, на основании анализа данных их реографических параметров центральной гемодинамики.

Литература

1. Carter, J.L. Somatotyping - development and applications / J.L. Carter, B.H. Heath. – Cambridge University Press. – 1990. – 504 p.
2. Бобровська, О.А. Математичне моделювання нормативних параметрів центральної гемодинаміки уміських дівчаток різних соматотипів Подільського регіону / О.А. Бобровська, Л.А. Сарафинюк // Вісник морфології. – 2009. – Т. 15, № 2. – С. 428-433.
3. Богачук, О.П. Особливості показників реоенцефалограми уміських підлітків Поділля в залежності відвікугастаті / О.П. Богачук, В.М. Шевченко, Т.І. Борейко // Вісник морфології. – 2007. – Т.13, № 1. – С. 142-146.
4. Бунак, В.В. Антропометрия // В.В. Бунак – М. : Учмедгиз Наркомпроса РСФСР, 1941. – 368 с.
5. Ковешников, В.Г. Медицинская антропология / В.Г. Ковешников, Б.А. Никитюк. – Киев : Здоров'я, 1992. – 200 с.
6. Ронкин, М.А., Иванов, Л.Б. Реография в клинической практике / М.А. Ронкин, Л.Б. Иванов. – М. : МБН, 1997. – 250 с.
7. Статеві особливості показників тетраполярної реокардіографії, реоенцефалографії та реовазографії у здорових міських підлітків Подільського регіону / І.М. Кириченко, О.А. Серебреннікова, Л.Л. Хмель [та ін.] // Вісник Вінницького державного медичного університету. – 2006. – Т.10, № 2. – С. 375-376.

SIMULATION OF CENTRAL HEMODYNAMIC DEPENDING ON FEATURES OF THE BODY STRUCTURE HAVE VOLLEYBALL PLAYERS

Y.V. LEZHOVA¹
L.A. SARAFINYUK¹
E.N. KRIKUN²

*¹Vinnitsia National
Medical University
Pirogov Memorial, Vinnitsa*

*²Belgorod State National
Research University*

e-mail:krikun@bsu.edu.ru

The results of the construction of regression models reographic central hemodynamic parameters on the basis of features and somatotypological anthropometric indices in volleyball. Anthropometric study was carried out by the method Bunak, somatotypological by Heath-Carter, the definition of a component of the body weight Matejko, rheographic with computer diagnostic system for Ronkin-Ivanov, the construction of mathematical models with direct step regression analysis.

Keywords: rheography, parameters of central hemodynamic, somatotype, anthropometry, step by step regression, volleyball-players.